"FORMULA 62"

Equipamento Vibratório para Alívio de Tensão

O equipamento vibratório para alívio de tensão "FORMULA 62" oferece várias vantagens sobre a técnica mais antiga de alívio de tensão por tratamento térmico:

- **Equipamento é compacto e portátil, e pode ser facilmente movido para qualquer local da fábrica para alívio de tensão durante a operação.**

- **O custo do investimento é baixo, assim como os custos de operação e manutenção.**

- **Tempo de processamento curto, intervalo de 15 a 30 minutos por local, dependendo do peso e da configuração do componente ou da estrutura de fabricação.**

- **Fácil de usar, sem necessidade de instruções extensas para o operador.**

- **Pode ser usado em uma ampla variedade de materiais:**
  - **componentes feitos de materiais diferentes (não tratáveis termicamente);**
  - **ligas não tratáveis termicamente;**
  - **material com acabamento fino (pintura, polimento, etc.).**

- **Não há efeito prejudicial nos materiais de peças:**
  - **não altera as propriedades mecânicas;**
  - **não altera a metalurgia estruturalmente ou quimicamente;**
  - **não altera a dureza;**
  - **produz uma superfície limpa e livre de descoloração, escória e incrustação.**

- **As tolerâncias de peças podem ser mantidas em níveis impossíveis ou impraticáveis de serem mantidos com métodos de alívio de tensão por tratamento térmico.**

- **Pode ser usado durante o processo de fabricação:**
  - **durante e após a solda;**
  - **entre as etapas de usinagem.**

CARACTERIZAÇÃO DE TENSÕES RESIDUAIS

Um dos maiores problemas encontrados na indústria metalúrgica é a concentração de tensões que causam distorções e perda de estabilidade dimensional. Todos os profissionais envolvidos em metalurgia, quer seja um fabricante de aço, de máquinas-ferramentas ou de moldes para estamparia e fundição, podem enfrentar problemas para manter as tolerâncias dimensionais em suas peças.

A definição técnica de tensão residual é qualquer tensão em um corpo elástico livre de força ou de restrição externas e de gradientes (alterações) de temperatura. Uma causa comum de tensão residual é uma incompatibilidade entre regiões adjacentes do metal que podem distorcer regiões próximas.

As tensões causam distorção no metal quando são desiguais. As altas tensões em um lado de uma peça de metal causará deslocamento ou distorção. Se as tensões forem uniformes em todo o metal, mesmo as altas tensões não causarão deslocamento. Quanto maior o desequilíbrio de tensões, maior o deslocamento. Se o desequilíbrio for grande o suficiente, os grãos se tornarão permanentemente deformados e a peça não poderá voltar à sua condição anterior por alívio de tensão.

Há dois componentes em tensão residual: tensão e compressão. As leis de física e de matemática exigem um equilíbrio entre a magnitude das forças de tensão e compressão. Infelizmente, a indústria metalúrgica não produz um equilíbrio uniforme.

No campo da metalúrgica, o objetivo é produzir um bom componente ou uma boa estrutura de metal com baixa tensão residual e, portanto, requer um programa para alívio de tensão ou a redução da tensão residual, a fim de evitar danos ao metal.

Uma explicação mais simples envolve você e seu corpo durante atividades esportivas. Se estiver jogando tênis e sentir uma forte câimbra ou um mau jeito em um músculo da perna, isto se parece com a tensão residual. E, se continuasse jogando, sem reduzir a tensão residual (câimbra ou mau jeito), poderia danificar gravemente e, possivelmente, permanentemente o músculo. Se, no entanto, você massageasse o músculo, permitindo o seu relaxamento, poderia continuar a jogar e terminar o jogo. Este é um exemplo de um programa de alívio de tensão.

As tensões residuais são introduzidas em diversas estruturas e componentes de metal durante a fabricação - em peças fundidas por meio das forças de contração que aparecem dentro da peça fundida, à medida que ela se solidifica, em conformação mecânica devido às características elásticas do metal, em estamparia devido à ação de cisalhamento, que é acompanhada pela deformação, e em soldagem, que pode produzir tensões residuais particularmente altas, à medida que o metal se expande e se contrai, devido às alterações de temperatura.

Apesar da dificuldade para calcular e medir, a tensão residual não tratada manifesta-se de diversas maneiras indesejadas com o passar do tempo, normalmente causando enfraquecimento ou fratura prematura de peças, deformação ou torção e, freqüentemente, prejudicando a integridade de soldas essenciais. E, resultando na redução da vida útil de um componente que se não fosse por isso seria considerado um componente de boa qualidade. Com os requisitos de tolerância apertada dos dias atuais, a necessidade de alívio de tensão para alcançar a estabilidade dimensional e a ausência de distorções tem se tornado cada vez mais importante.

TRATAMENTO DAS TENSÕES RESIDUAIS

Para tratar a estrutura cristalina, é necessário introduzir energia no metal para permitir que os átomos se movam a fim de reduzir essas tensões. Embora o método de alívio de tensões por tratamento térmico seja bem conhecido, não é o único meio pelo qual as tensões podem ser reduzidas.

No processo térmico, alta temperatura produz tensão residual menor. Esse tipo de alívio de tensão, embora seja normalmente eficaz, possui várias desvantagens e limitações. O custo é alto, o processo é demorado e normalmente resulta em deterioração de propriedades do material, que pode ser causada pelo uso do programa errado para aquecimento, manutenção de temperatura e resfriamento final. O seu uso também é restrito a estruturas homogêneas. O fabricante poderá deparar com outros custos indiretos, se não houver um forno adequado disponível no local, resultando em transporte e outros custos de manuseio, assim como em perda adicional de tempo.

Além disso, muitos na indústria metalúrgica também já expressaram seus desejos de obter recursos para reduzir tensões, conforme necessário, durante o processo de fabricação. Isso pode ter um custo excessivo e ser impossível logisticamente com o processo de alívio de tensão por tratamento térmico.

A tensão de uma peça pode também ser aliviada permitindo-se que ela envelheça ao ar livre. Aqui, a energia necessária para realinhar a estrutura cristalina é fornecida por pequenos movimentos naturais do solo e flutuações normais da temperatura. No entanto, esse processo é incontrolável e é difícil determinar o momento em que as tensões se reduziram o suficiente para permitir o prosseguimento do trabalho de maneira satisfatória. E, nesse processo de envelhecimento, o nível de tensão é reduzido com mais rapidez durante as estações mais quentes e com menos rapidez durante as estações mais frias. Quem quer esperar um ano ou mais para dissipar a tensão?

O método vibratório introduz energia na peça por meio de vibrações. Para a estrutura atômica sob tensão, não há diferença entre a energia térmica e a energia introduzida por meio de vibrações. Essa energia aplicada realinha a estrutura cristalina para aliviar a tensão e estabilizar a peça, sem distorção.

Esse processo pode ser usado para aliviar tensões causadas por usinagem, fresagem, retífica, puncionamento, mandrilhamento, estampagem, furação, aplainamento, corte, forjamento e soldagem. É particularmente útil para estruturas muito grandes, em que o alívio de tensão por tratamento térmico teria um custo muito elevado ou seria impossível e para peças de precisão industriais a fim de eliminar distorções de metal que poderiam impedir a manutenção de tolerâncias apertadas.

O PROCESSO E EQUIPAMENTO VIBRATÓRIO PARA ALÍVIO DE TENSÃO "FORMULA 62"

A Stress Relief Engineering Company foi a primeira a desenvolver, e aperfeiçoar, por mais de 35 anos, o uso de um método não-térmico baseado em ressonância, e altamente eficaz para o alívio de tensão por meio de vibração. Atualmente, um padrão da indústria amplamente aceito, o processo “FORMULA 62” de fácil utilização possibilita a melhoria do controle dimensional e o aumento da tensão de escoamento, sem nenhuma perda de resistência à fadiga.

O processo "FORMULA 62" introduz vibrações de alta amplitude e baixa freqüência, por um curto período de tempo, com base no peso da peça. Esse processo alivia as tensões residuais em peças de metal e soldas sem distorcer ou alterar a resistência à tração, o ponto de escoamento ou a resistência à fadiga da peça. Isso permite que as tensões residuais sejam reduzidas para um nível muito menor em que é restaurado o equilíbrio estático.

Descobriu-se que as vibrações ressonantes são o meio mais eficaz para reduzir as tensões residuais por vibração. O método de vibração na freqüência de ressonância possui uma redistribuição mais acentuada de tensão comparado aos métodos na freqüência sub-ressonantes ou subharmônicas. São as vibrações de baixa freqüência as portadoras de energia de alta amplitude, que são muito eficientes na redução significativa das tensões residuais de pico de peças e soldas metálicas.

APLICAÇÃO DO "FORMULA 62"

O "FORMULA 62" consiste em um vibrador robusto de velocidade variável que é preso à peça e um console eletrônico, encaixado em um gabinete portátil que pode ser movido para qualquer parte da fábrica.

Também preso à peça, está um acelerômetro que detecta as vibrações e transmite um sinal por cabo para um circuito eletrônico do console. O ponto de ressonância da peça é, então, determinado e exibido em um medidor de painel. Nas unidades equipadas com registrador gráfico, um gráfico pode ser produzido mostrando o procedimento de ajuste enquanto é determinado o ponto de ressonância.

O ponto de ressonância pode ser determinado variando a velocidade do vibrador até que a amplitude desejada seja alcançada. Dois minutos é o tempo médio necessário para alcançar a freqüência de ressonância. Quando a freqüência de ressonância for alcançada, a peça é posta em vibração por um período de tempo determinado com base no peso e na aplicação. O tempo de tratamento pode variar de 10 minutos a uma hora ou mais, dependendo do tamanho da peça. Em estruturas de armações muito grandes, muito longas ou com espaço aberto, pode ser necessário aplicar o "FORMULA 62" em vários locais, o que requer mais tempo. As peças podem ser vibradas por períodos de tempo mais longos sem sofrer nenhum dano por fadiga ou perda de resistência à tração.

O processo "FORMULA 62" também pode ser executado em modo automático, em que a vibração será executada por 15 minutos em três ciclos diferentes da velocidade selecionada, cada ciclo por cinco minutos. Isso é suficiente para estabilizar

uma peça de até 10 toneladas. Para peças com mais de 10 toneladas, podem ser usados dois períodos consecutivos de 15 minutos.

Existem duas regras simples que devem ser seguidas para todas as aplicações:

- isolar a peça, o melhor possível, de modo que fique livre para vibrar;
- a unidade do vibrador deve estar conectada diretamente com a peça, a fim de transferir totalmente a energia da vibração para a peça.

O processo "FORMULA 62" pode ser usado em uma ampla faixa de metais ferrosos e não-ferrosos, inclusive aço carbono, aço inoxidável, alumínio, ferro fundido, manganês e em uma ampla variedade de formatos. Os tamanhos podem variar de pequenas peças fundidas, eixos e engrenagens a estruturas soldadas e usinadas que são muito grandes para tratamento térmico.

Para peças pequenas, peças de precisão e peças fundidas de formato irregular e soldas, o SRE torna disponível a “Mesa vibratória Loadmaster 2000”. A mesa tem um sistema de suspensão pneumático completamente ajustável, para ótima isolação, que opera em qualquer suprimento de ar comprimido da fábrica. A mesa vibratória torna possível aliviar a tensão de moldes para estamparia e fundição, jogo de matrizes, peças industriais pequenas de precisão e tratar várias peças de uma só vez.

LIMITAÇÕES DO "FORMULA 62"

Há limitações para o processo vibratório para alívio de tensão "FORMULA 62", como para qualquer processo metalúrgico. O "FORMULA 62" não é eficaz para materiais laminados a frio, extrudados, endurecidos por deformação, trabalhados a frio e endurecidos por precipitação. Objetos muito pequenos em grandes quantidades podem ser tratados termicamente em lotes com muito mais facilidade, a menos que o próprio processo térmico possa causar danos às peças. O processo vibratório é usado unicamente para alívio de tensões residuais em metais e não recoze, normaliza ou revine, nem substitui qualquer outro tipo de tratamento térmico (inclusive tratamento térmico pós-solda). O processo vibratório não altera as propriedades mecânicas ou metalúrgicas do material. Por último, o "FORMULA 62" não pode evitar ou eliminar distorção, deformação ou empenamento devido a efeitos do calor e não irá nivelar ou endireitar materiais deformados, distorcidos ou empenados.

Um dos benefícios mais importantes do uso do "FORMULA 62" é a capacidade de aliviar a tensão de peças em qualquer ponto do processo de fabricação, tal como após usinagem de desbaste, furação ou retífica.

Para fabricações soldadas, o alívio de tensões pode ser executado durante a soldagem, o que é muito útil para evitar a concentração de tensões residuais que podem causar a fratura da solda ou distorção em algumas partes. O "FORMULA 62" é mais compatível com os processos de soldagem SMAW (por arco, com metal protegido), GMA (com gás, arco entre metais) e GTAW (por arco, com gas tungstênio). As outras práticas de soldagem podem apresentar problemas logísticos graves.

Como a soldagem produz alterações na temperatura em um período de tempo relativamente curto, as tensões residuais são mais ativas dinamicamente na peça, o que pode requerer alívio de tensão durante a soldagem ou imediatamente após a soldagem. Uma vez que a grande magnitude das tensões de tração residuais pode reduzir a resistência à fadiga de peças soldadas, o "FORMULA 62" pode ser facilmente usado para aliviar a tensão dessas peças.

DETERMINAÇÃO DO ALÍVIO DE TENSÃO

Uma questão básica que normalmente surge é como se pode determinar quando as tensões foram reduzidas. Avaliar os campos de tensões residuais após o tratamento por métodos térmicos ou vibratórios é igualmente difícil e dispendioso.

Um dos melhores métodos para medição de tensão residual é o método de Difração por Raio X, que é normalmente reservado para uso de laboratório, devido aos requisitos de alinhamento para medição precisa.

Os campos de tensões residuais são complexos e abrangem uma área bastante extensa. Dentro da área de observação, existem tensões de tração e compressão residuais com variadas magnitudes. Um processo de alívio de tensão causa uma redistribuição desses níveis de tensões, a fim de equilibrar a energia da tensão entre as zonas de tração e compressão, restaurando o equilíbrio da região.

Portanto, não é possível medir somente um ponto de uma estrutura, observar um valor e declarar que a tensão da peça foi aliviada. Mapeamentos extensivos de um campo e uma média estatística dos resultados seriam necessários antes de os resultados serem considerados óbvios. Por essa razão, medição em um único ponto ou outras medições não são realizadas em peças com tensões aliviadas pelo processo por tratamento térmico ou vibratório, antes ou após o tratamento.

Simplesmente, não há uma maneira simples e econômica para medir tensões após qualquer processo de tratamento. Na melhor das hipóteses, só é possível seguir a receita para o tratamento corretamente, seja em graus por hora por polegada de espessura como em um processo por tratamento térmico, ou em minutos de vibração com base no peso da peça no método vibratório. Quando a receita for seguida de maneira adequada, os resultados de qualquer um dos métodos serão satisfatórios.

Como a estabilidade dimensional é normalmente o fator determinante para aceitação, as peças que permanecem dimensionalmente estáveis após o tratamento de alívio de tensões são consideradas satisfatórias.

ESCLARECIMENTO DE NORMAS PARA ALÍVIO DE TENSÃO POR TRATAMENTO TÉRMICO OU VIBRAÇÃO

Como a alta temperatura pode danificar gravemente os metais, ela deve ser controlada e aplicada até o limite conhecido como temperatura crítica, na qual ocorrem as transformações de fases ou outras alterações metalúrgicas indesejáveis. Essa é a base para a existência de normas, definir a temperatura necessária para o tratamento mas sem provocar danos. Diferentes materiais requerem temperaturas diferentes. Diferentes espessuras requerem períodos de sustentação à temperatura constante diferentes. Em resumo, a receita é manipulada de modo a não danificar os produtos.

Como o tratamento térmico pode, às vezes, ser arbitrário e inconstante, não é inteiramente incomum que alguns tratamentos térmicos sejam conduzidos de 1/2 a 3/4 da temperatura real solicitada devido ao receio de que a peça seja danificada. E, como é o caso, tipicamente, o tratamento térmico é solicitado somente uma vez durante a série de eventos de fabricação que não leva em consideração a concentração de tensões que ocorre durante a fabricação, bem antes de ser efetuado o tratamento térmico.

Portanto, os tratamentos térmicos de alívio de tensão exigidos pela norma não são um ponto de referência absoluta com o qual outros métodos de alívio de tensão podem ser comparados. Na realidade, os pormenores dados nos manuais de especificações de normas são vagos e chegam mesmo a não recomendar o tratamento térmico para certos tipos e classes de materiais. Por exemplo: a norma AWS D1.1 não recomenda tratamento térmico de materiais A514, A517, A709 ou de Classe 100. Outros aços carbono ou aços de baixa liga podem sofrer alterações indesejáveis na microestrutura, causando uma deterioração de propriedades mecânicas, fraturas ou ambos. Considerações adicionais devem ser especificadas para possível distorção, oxidação, perda de resistência à corrosão ou fratura intergranular.

Em muitos casos, o alívio da tensão por vibração pode ser usado como um substituto muito mais econômico do que o método por tratamento térmico quando este último for usado unicamente para promover a estabilidade dimensional da peça com a finalidade de alinhamento, integridade da superfície ou condições de serviço.

Como há muitos fatores envolvidos, o alívio de tensão não-térmico por vibração do "FORMULA 62" não é indicado para ser um substituto integral para os requisitos de normas. Antes de decidir se o alívio de tensão por vibração deve ser usado como um substituto para o tratamento de alívio de tensão por tratamento térmico, deve-se levar em consideração o seguinte:

1. Se o processo térmico é necessário para reduzir a tensão residual para o menor nível possível e para homogenizar o metal de base e o metal de solda.

2. Se o processo térmico foi selecionado simplesmente pelo fato de que "nós sempre fizemos isso dessa maneira"!

3. Ou, se o alívio de tensão não estiver sendo feito devido ao risco potencial de danificar o material ou as condições da superfície, como ocorreria no caso de tratamento térmico.

As duas últimas situações apresentam uma oportunidade clara para usar o método vibratório em vez do térmico. Este último forneceria uma solução mais econômica quando comparada ao custo direto ou indireto do processo térmico.

Atualmente nos Estados Unidos, tem-se tornado mais comum encontrar várias recomendações para o método que deve ser usado para alívio de tensão. Nas especificações formuladas por alguns órgãos governamentais dos Estados Unidos, são encontradas recomendações para fazer o tratamento de alívio de tensão de alguns componentes utilizando especificamente o "FORMULA 62", de acordo com a norma A.S.M.E. Seção VIII, A.W.S. D.1.1 e outras. Algumas especificações contêm de fato o nome comercial do produto "FORMULA 62" e a Stress Relief Engineering Co. como o fabricante. Exemplo: Especificações do Departamento do Interior dos Estados Unidos para comportas e outros componentes.

Finalizando, o "FORMULA 62" não é indicado como um substituto para todas as práticas de “alívio de tensão” por tratamento térmico, embora seja freqüentemente aprovado pelo fabricante para substituir o método por tratamento térmico. Em alguns casos, é altamente recomendável o uso do método térmico e a Stress Relief Engineering Company o recomenda para aplicações nucleares, vasos de pressão, geração de energia e petroquímica. Nesses casos, os custos são superados pelos benefícios. No entanto, não há nada nas normas que proíba um fabricante de usar um alívio de tensão por vibração como um procedimento, especialmente durante o processo de fabricação, quando a estabilidade dimensional é uma questão importante, desde que a solicitação da norma seja seguida e executada de maneira adequada.

STRESS RELIEF ENGINEERING COMPANY

Exclusive Export Manager:

Dreyfus Global Trade, LLC
521 Fifth Avenue, Suite 2130
New York, NY 10175 USA
Telephone: +1 212 867 7700
Telefax: +1 212 867 7820
Email: info@dreyfusglobal.com